

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЕЗАГРЕГИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2016 КОЗЫРЬ-ЧЕПУРНАЯ М. А., АЛЕХИН А. Б.

УДК 338.264

Козырь-Чепурная М. А., Алехин А. Б.

Статистический алгоритм дезагрегирования стратегии реструктуризации промышленного предприятия

Целью статьи является разработка и апробация алгоритма дезагрегирования плана-стратегии реструктуризации промышленных предприятий в рамках концепции оптимального планирования на основе математической постановки задачи согласования плана-стратегии и стратегического плана, а также статистических методов решения сложных по структуре оптимизационных задач комбинаторного типа. Показано, что, в отличие от иерархических систем производственно-календарного планирования, для которых характерен высокий уровень определенности процедур агрегирования и дезагрегирования компонент планов различных иерархических уровней, проблему дезагрегирования стратегии в более детализированные стратегические планы целесообразно рассматривать как проблему принятия решений в условиях неопределенности. Осуществлена математическая постановка задачи разработки оптимального стратегического плана на основе известной стратегии в расширенной постановке, предусматривающей возможность корректировки параметров стратегии и других условий реализации стратегического плана для обеспечения разрешимости задачи. С целью демонстрации целесообразности такой постановки разработан и апробирован на условной числовой модели статистический алгоритм оптимизации, позволяющий получать экономически содержательные приближенные решения.

Ключевые слова: предприятие, реструктуризация, иерархическое планирование, согласование стратегических планов, оптимизация.

Рис.: 4. **Табл.:** 2. **Формул:** 9. **Библ.:** 25.

Козырь-Чепурная Мария Анатольевна – экономист, ООО «Научно-инженерный центр управляющей компании «РейлТрансХолдинг» (ул. Волгоградская, 24, Донецкая обл., Мариуполь, 87502, Украина)

E-mail: niz.office@ukrth.com

Алехин Алексей Борисович – доктор экономических наук, профессор, профессор, кафедра экономической кибернетики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

E-mail: aba99@yandex.ru

УДК 338.264

UDC 338.264

Козыр-Чепурна М. А., Альохин О. Б. Статистичний алгоритм дезагрегування стратегії реструктуризації промислового підприємства

Метою статті є розробка та апробація алгоритму дезагрегування плану-стратегії реструктуризації промислових підприємств у рамках концепції оптимального планування на основі математичної постановки задачі узгодження плану-стратегії і стратегічного плану, а також статистичних методів вирішення складних за структурою оптимізаційних задач комбінаторного типу. Показано, що, на відміну від ієрархічних систем виробничо-календарного планування, для яких характерний високий рівень визначеності процедур агрегування і дезагрегування компонент планів різних ієрархічних рівнів, проблему дезагрегування стратегії у більш деталізовані стратегічні плани доцільно розглядати як проблему прийняття рішень в умовах невизначеності. Здійснено математичну постановку задачі розробки оптимального стратегічного плану на основі відомої стратегії у розширеній постановці, яка передбачає можливість коригування параметрів стратегії і інших умов реалізації стратегічного плану для забезпечення можливості розв'язання задачі. З метою демонстрації доцільності такої постановки розроблений і апробований на умовній числовій моделі статистичний алгоритм оптимізації, що дозволяє отримувати економічно змістовні наближені рішення.

Ключові слова: підприємство, реструктуризація, ієрархічне планування, узгодження стратегічних планів, оптимізація.

Рис.: 4. **Табл.:** 2. **Формул:** 9. **Библ.:** 25.

Козыр-Чепурна Мария Анатольевна – экономист, ТОВ «Науково-інженерний центр керуючої компанії «РейлТрансХолдинг» (вул. Волгоградська, 24, Донецька обл., Мариуполь, 87502, Україна)

E-mail: niz.office@ukrth.com

Kozyr-Chepurna M. A., Alyokhin A. B. A Statistical Algorithm of Disaggregating the Industrial Enterprise Restructuring Strategy

The aim of the article is to develop and test an algorithm of disaggregating the strategy plan for restructuring industrial enterprises within the concept of optimal planning based on the mathematical formulation of the problem of coordinating the strategy plan and strategic plan as well as statistical methods for solving complex in terms of their structure optimization problems of a combinatorial type. It is shown that in contrast to hierarchical systems of production and calendar planning characterized by a high level of certainty of procedures for aggregation and disaggregation of plan components of various hierarchical levels, the problem of disaggregating the strategy into more detailed strategic plans should be viewed as a problem of making decisions under conditions of uncertainty. There have been implemented a mathematical formulation of the problem of developing an optimal strategic plan based on the known strategy in an extended statement providing a possibility to correct the strategy parameters and other conditions of the strategic plan implementation to ensure the problem solvability. In order to demonstrate the feasibility of such a formulation, a statistical optimization algorithm, which allows obtaining economically meaningful approximate solutions, was developed and tested on a conditional numerical model.

Keywords: enterprise, restructuring, hierarchical planning, coordination of strategic plans, optimization.

Fig.: 4. **Tabl.:** 2. **Formulae:** 9. **Bibl.:** 25.

Kozyr-Chepurna Mariia A. – Economist, Scientific and Engineering Center of the Management Company «RailTransHolding» (24 Volhohradska Str., Donetsk region, Mariupol, 87502, Ukraine)

E-mail: niz.office@ukrth.com

Альохін Олексій Борисович – доктор економічних наук, професор, професор, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (пр. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: aba99@yandex.ru

Alyokhin Alexey B. – Doctor of Science (Economics), Professor, Professor, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odessa National Polytechnic University (1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine)

E-mail: aba99@yandex.ru

Введение. В системах многоуровневого непрерывного скользящего планирования реструктуризации промышленных предприятий, общая концепция которой предложена в [14; 15; 21], одной из центральных является проблема обеспечения взаимной согласованности планов различных иерархических уровней и смежных временных периодов [1; 5; 11]. Отличительной особенностью систем стратегического планирования является то, что в основе разработки стратегии и стратегических планов нижестоящих иерархических уровней лежат системный подход и методы системного анализа, предусматривающие последовательное углубление и детализацию представлений об условиях реализации стратегических мероприятий, структуре и параметрах самих мероприятий [15–18]. Разнесение во времени разработки стратегии и детализирующих ее стратегических планов, применение различных по уровню точности методов стратегического анализа и систем данных на разных уровнях иерархии планов обуславливают появление определенных трудностей в обеспечении согласованности стратегии и стратегических планов.

Предельным случаем указанной ситуации является отсутствие допустимых в строго математическом смысле стратегических планов, то есть планов, одновременно удовлетворяющих всем требованиям, формируемым на уровне стратегических планов, а также требованиям, накладываемым на эти планы на верхнем уровне стратегического планирования со стороны разработанной на первом этапе стратегического планирования стратегии. В таких случаях разработка стратегического плана, согласованного по всем показателям со стратегией, невозможна, а задача дезагрегирования стратегии по существу трансформируется в задачу поиска взаимосогласованных стратегии и стратегического плана, предполагающую корректировку как параметров самой стратегии, так и параметров, а также условий выполнения стратегического плана.

В научной экономической литературе задачи согласования планов смежных иерархических уровней активно обсуждаются преимущественно в рамках проблемы производственного планирования [3; 6; 8; 12; 13; 22–25]. При этом иерархическое представление планов некоторыми исследователями рассматривается как способ упрощения решения исходной задачи оптимального планирования, которая, как правило, рассматривается как задача базового, нижестоящего уровня [6; 12; 13; 19; 20]. В таком случае путем агрегирования исходной модели формируется существенно более простая, благодаря снижению размерности, задача планирования вышестоящего уровня, а базовая модель распадается на ряд локальных задач оптимального планирования, также более простых по своей структуре. Платой за относительную простоту решения такой иерархической системы задач является возможность несогласованности планов смежных иерархических уровней, в основе появления которой лежит сама процедура агрегирования. Тем не

менее для задач с относительно простой математической структурой удается разработать эффективные алгоритмы точного либо приближенного решения [6–9; 20; 25].

Характерной особенностью таких подходов является согласование плановых решений при сохранении всех условий, формирующих допустимое множество исходной задачи оптимального планирования. Как было отмечено выше, в случае детализации стратегии при разработке стратегического плана может потребоваться пересмотр самих условий, то есть параметров стратегии и параметров условий, формирующих требования к стратегическому плану на уровне данного плана. Некоторым аналогом этой задачи может служить задача о расширке узких мест производства, предусматривающая возможность изменения объемов лимитирующих ресурсов либо расширения лимитирующих производственных мощностей и допускающая в относительно простых случаях решение с помощью стандартных методов оптимизации [10].

В связи с этим целью статьи является разработка и апробация алгоритма дезагрегирования плана-стратегии реструктуризации промышленных предприятий в рамках концепции оптимального планирования на основе математической постановки задачи оптимального согласования плана-стратегии и стратегического плана, а также статистических методов решения оптимизационных задач.

В соответствии с представлениями о стратегии развития предприятия, изложенными в [15], будем полагать, что стратегия задана, то есть определены длительность периода стратегического планирования, недифференцированный комплекс мероприятий (его идея, содержание), выполнение которых обеспечивает достижение стратегических цели (целей), исполнитель – предприятие в целом, ресурсные рамки – ограничения, налагаемые на общие затраты ресурсов, либо оценки затрат ресурсов, необходимых для выполнения соответствующих мероприятий.

Стратегия, заданная в таком виде, представляет в системе многоуровневого иерархического планирования реструктуризации промышленных предприятий план высшего иерархического уровня. Для формального описания плана-стратегии введем такие обозначения: T – длительность планового периода; W – комплекс стратегических мероприятий (обобщенная работа); R – множество индексов ресурсов; L_r – лимит на затраты ресурса вида $r, r \in R$. При этом предполагается, что длительность ΔT_w выполнения работы W равна длительности планового периода T , а «нормативные» затраты ресурсов $\{A_w\}_{r \in R}$ совпадают с лимитами на эти ресурсы $\{L_r\}_{r \in R}$.

Дезагрегирование плана-стратегии, то есть разработка стратегического плана на основе известной стратегии, предусматривает обычно дезагрегирование плана-стратегии по времени, мероприятиям (работам) и исполнителям. В общем случае может потребоваться и дезагрегирование по видам ресурсов.

Очевидно, что для проведения такой дезагрегации необходимо предварительно задать: (а) временную структуру планового периода (отметим, что длительности плановых периодов плана-стратегии и стратегического плана совпадают) – количество подпериодов планового периода и длительность каждого из подпериодов; (б) структуру комплекса стратегических мероприятий – перечень работ и допустимый порядок их выполнения; (в) перечень структурных подразделений предприятия – исполнителей работ стратегического плана; (г) перечень возможных исполнителей каждой работы; (д) длительность выполнения и «нормы» затрат ресурсов при выполнении каждой работы в зависимости от исполнителя; (е) производственные возможности и запасы ресурсов у каждого исполнителя и предприятия в целом.

С учетом введенных понятий стратегический план представляет собой график выполнения работ с привязкой к конкретным исполнителям, определяющий в разрезе временных подпериодов планового периода использование производственных возможностей каждого исполнителя, затраты ресурсов всех видов и характеризуемый некоторым набором производственных и экономических показателей.

Поскольку план-стратегия и стратегический план представляют собой планы двух смежных иерархических уровней, то для того, чтобы отличать план высшего уровня и его компоненты от плана нижестоящего уровня и его компонент, при его описании будем использовать приставку «мета». В частности, под метаресурсом будет подразумеваться ресурс плана-стратегии, под просто ресурсом – ресурс стратегического плана, под метаисполнителем – предприятие в целом, под исполнителем – структурное подразделение предприятия и т. д.

Формальное описание стратегического плана в таком случае может опираться на следующую систему обозначений: $w = (w_1, \dots, w_r, \dots)$ – конечный вектор работ; i – индекс работы w_i , $i \in I$, где I – множество индексов работы стратегического плана; E – матрица смежности сетевого графа работ; J – множество индексов исполнителей; E' – матрица смежности двудольного графа «работы – исполнители»; Δt_{ij} – длительность выполнения работы i исполнителем j , $j \in J$; Δt_s – длительность подпериода s планового периода (далее будет рассмотрена модель с одинаковой длительностью Δt всех подпериодов); $a_{\rho ij}$ – удельная (в единицу времени) «норма» расхода ресурса ρ при выполнении работы i исполнителем j , где $\rho \in P$, P – множество индексов ресурсов стратегического плана.

Среди ресурсов стратегического плана целесообразно различать глобальные и локальные ресурсы. Первые могут быть использованы любым исполнителем. Объемы использования глобальных ресурсов ограничиваются запасами этих ресурсов у предприятия в целом. Вторые являются ресурсами каждого конкретного структурного подразделения предприятия и могут быть использованы только данным исполнителем. Объемы использования таких ресурсов ограничены запасами соответствующих ресурсов у данного структурного подразделения. Таким образом, множество P ресурсов состоит из двух непересекающихся подмножеств: $P = P^G \cup P^L$, где P^G , P^L – множества индексов соответственно глобальных и локальных ресурсов; $\text{Lim}_{\rho t}^G$ – лимиты временного подпериода планового

периода t на глобальные ресурсы вида $\rho \in P^G$; $\text{Lim}_{\rho jt}^L$ – лимиты исполнителя j на локальные ресурсы вида ρ в момент времени t .

Сопоставимость более детализированного стратегического плана с агрегированным планом-стратегией должна обеспечиваться с помощью заранее определенных алгоритмов агрегирования компонент и показателей стратегического плана, позволяющих переходить от показателей стратегического плана к показателям стратегии. В первую очередь это касается вопросов агрегирования затрат ресурсов и использования производственных возможностей исполнителей на уровне стратегического плана. Будем предполагать, что такие алгоритмы заданы совместно с отмеченными выше классификаторами элементов, компонент и показателей планов.

В общем случае задача разработки стратегического плана по известной стратегии является оптимизационной, что обусловлено обстоятельствами, указанными в пп. (г), (д) и (е) выше. Особенностью этой задачи является наличие ограничений со стороны плана-стратегии, а также «внутренних» для этого иерархического уровня планирования ограничений, обусловленных структурой самого стратегического плана. В самом деле, с одной стороны, стратегический план должен обеспечивать выполнение стратегии в заданные сроки в рамках запланированных для этих целей метаресурсов и имеющихся у предприятия в целом возможностей. С другой стороны, календарный план работ с учетом распределения работ по исполнителям должен удовлетворять требованиям, налагаемым на порядок (последовательность) выполнения работ и на возможные варианты назначения исполнителей этих работ, укладываться в рамки производственных возможностей каждого из исполнителей и имеющихся у них запасов локальных ресурсов, а также запасов глобальных ресурсов у предприятия в целом, используемых всеми структурными подразделениями предприятия.

Нетрудно видеть, что множество допустимых планов такой задачи может быть пусто вследствие несовместности ограничений, налагаемых со стороны стратегии (плана первого (верхнего) иерархического уровня), и ограничений, формируемых на уровне стратегического плана (плана второго иерархического уровня). Покажем это на следующем примере. Как известно, длительность (трудоемкость) комплекса стратегических мероприятий оценивается на стадии разработки стратегии с использованием агрегированных методов стратегического анализа и агрегированных показателей. При дезагрегировании плана-стратегии предварительно осуществляется более детальное анализ структуры комплекса стратегических мероприятий и оценка длительности (трудоемкости, а также любых других необходимых показателей) каждого отдельного мероприятия данного комплекса с учетом возможности его выполнения различными исполнителями. Совершенно естественно, что независимо от используемого механизма (алгоритма) свертки детализированных (уточненных) оценок сама свертка, то есть агрегированная оценка, может не совпадать с начальной, полученной на стадии разработки стратегии, например, превышать ее. В таком случае стратегический план не будет удовлетворять временным ограничениям со стороны плана верхнего уровня – стратегии, то есть будет недопустимым. Такая же ситуация может иметь

место и при агрегировании затрат ресурсов в метаресурсы и лимитов ресурсов в лимиты метаресурсов.

Авторы настоящего исследования полагают, что такие возможности являются не исключением, а характеризуют фундаментальные особенности проблемы разработки оптимального стратегического плана на основе известной стратегии, в связи с чем для решения этой проблемы необходимы постановки, учитывающие указанные особенности.

Основная идея предлагаемого подхода состоит в погружении задачи разработки стратегического плана реструктуризации предприятия в более общую задачу отыскания условий, при которых допустимые планы существуют, с одновременным поиском удовлетворяющих этим условиям оптимальных планов. Поясним эту идею на примере случая несовместности условий исходной задачи оптимального планирования вследствие невозможности выполнения стратегического плана в сроки, предусмотренные стратегией.

Подобная возможность может иметь место, как было отмечено выше, вследствие того, что оценивание длительности мероприятий / работ при разработке стратегии и при ее дезагрегировании проводятся в разное время, разными специалистами, с разным уровнем детализации, с использованием различных исходных данных и различных инструментов анализа.

Преодоление такой ситуации возможно на пути корректировки этих оценок, то есть соответствующих параметров стратегии (внешних – для задачи планирования второго уровня иерархии параметров и внутренних – для данного иерархического уровня планирования параметров (в данном случае – это параметры работ)). И те и другие параметры участвуют в формировании ограничений исходной задачи разработки стратегического плана, и корректировка (изменение) значений таких параметров означает по сути переход к другой числовой задаче с иным допустимым множеством. Очевидно, поиск значений корректируемых параметров, а вместе с ним и соответствующего этим параметрам стратегического плана, сам по себе представляет оптимизационную задачу, которая имеет смысл согласования плана-стратегии и стратегического плана, и которую в дальнейшем будем называть расширенной задачей разработки стратегического плана на основе известной стратегии.

Рассмотрим математическую постановку данной задачи в несколько упрощенном виде, ограничиваясь в ряде случаев только указанием ее структурных элементов. При этом будем полагать, что каждая работа может быть назначена только одному из возможных исполнителей и выполняется непрерывно с момент ее начала до момента завершения.

Искомыми в такой задаче являются булевы переменные $\{x_{ijt}\}_{i,j,t}$: переменная x_{ijt} принимает значение 1, если в момент времени (подпериод планового периода) t запланировано начало выполнения работы с индексом i исполнителем j , $j \in J_i$, J_i – подмножество исполнителей, которые могут выполнять работу i и 0 в противном случае. Δt – длительность подпериода t планового периода текущего плана, $t \in \{1, \dots, t^*\}$, t^* – индекс последнего подпериода планового периода; T – длительность плановых периодов плана-стратегии и стратегического плана.

Временные ограничения. Для каждой работы i плана должно выполняться условие

$$\sum_{j \in J_i} \sum_{\tau=1}^{t^*} x_{ij\tau} = 1 \quad \forall i, \quad (1)$$

в соответствии с которым каждая работа должна быть назначена одному из возможных исполнителей и обязательно включена в план.

На основании множества величин $\{x_{ijt}\}_{i,j,t}$ и длительностей выполнения работ $\{\Delta t_{ij}\}_{i,j}$ для каждой работы i

легко рассчитать время ее начала y_{ij}^b и окончания y_{ij}^e , индикаторы ρ_{ijt} выполнения работы i исполнителем j в момент времени t ($\rho_{ijt} = 1$, если указанная работа выполняется данным исполнителем в момент времени t , 0 – в противном случае), а также моменты начала y_i^b и окончания работы y_i^e без учета исполнителя.

Указанные величины в совокупности дают исчерпывающее описание графика выполнения работ в целом и графиков работ каждого исполнителя в отдельности.

Помимо условий (1) график выполнения работ стратегического плана должен удовлетворять ограничениям на порядок выполнения работ, определяемым сетевым графом (матрицей смежности сетевого графа E , введенной выше):

$$y_{i_1}^b \geq y_{i_2}^e \cdot e_{i_2 i_1} \quad \forall i_1, i_2, \quad (2)$$

где $e_{i_2 i_1}$ – элемент матрицы E , равный 1, если работа i_1 может быть выполнена только после завершения работы i_2 , и 0 в противном случае, и ограничениям на общие сроки выполнения всего комплекса стратегических мероприятий, налагаемым со стороны стратегии:

$$y_i^e \leq T \quad \forall i \in I. \quad (3)$$

Ресурсные ограничения. Ограничения на общие ресурсы и на локальные ресурсы каждого исполнителя соответственно имеют такой вид:

$$A_{pt}^G = \sum_{i,j} a_{p ij} \cdot \delta_{ijt} \leq \text{Lim}_{pt}^G \quad \forall t, j, \rho \in P^G, \quad (4)$$

$$A_{pjt}^L = \sum_i a_{p ij} \cdot \delta_{ijt} \leq \text{Lim}_{pjt}^L \quad \forall t, j, \rho \in P^L. \quad (5)$$

где A_{pt}^G , A_{pjt}^L – соответственно затраты общего (локального) ресурса вида ρ , $\rho \in P^G$, ($\rho \in P^L$ у исполнителя j) в подпериод t планового периода.

Предположим также, что механизмы свертки (агрегирования) затрат и лимитов общих и локальных ресурсов по временным подпериодам и исполнителям известны и задаются отображениями Ψ_r , $r \in R$. С помощью указанных преобразований на основании показателей стратегического плана можно рассчитать агрегированные оценки затрат $\{\bar{A}_{wr}\}_r$ и лимитов $\{\bar{L}_r\}_r$ метаресурсов, обусловленных стратегическим планом.

Естественно считать стратегический план допустимым по метаресурсам, если, помимо ограничений (4), (5), выполняются и ограничения вида:

$$\bar{A}_{wr} \leq L_r \quad \forall r \in R. \quad (6)$$

Ограничения (1)–(6) формируют допустимое множество стратегических планов исходной задачи. В случае, если это множество пусто, то есть невозможна разработка стратегического плана, одновременно удовлетворяющего ограничениям первого и второго уровней иерархии планов, необходимо изменение корректируемых параметров стратегии и условий стратегического плана. В рамках модели (1)–(6) к числу таких параметров на 1-м уровне иерархии планов относятся такие параметры, как ΔT_w и $\{L_r\}_{r \in R}$. На 2-м уровне иерархического планирования к корректируемым параметрам относятся следующие параметры: $\{\Delta \tau_{ij}\}_{ij}$, $\{a_{p_{ij}}\}_{p_{ij}}$, $\{Lim_{pt}^G\}_{pt}$, $\{Lim_{pjt}^L\}_{pjt}$.

Положим все указанные корректируемые параметры переменными расширенной задачи разработки стратегического плана. Предположим, что возможные диапазоны изменения их значений, а также сравнительная значимость изменения значения каждого из них определены. Тогда ограничения (1)–(6) необходимо дополнить ограничениями вида

$$u \in U, \quad (7)$$

где u – искомый вектор корректируемых параметров; U – множество векторов допустимых значений корректируемых параметров.

Пусть u^0 – вектор значений корректируемых параметров исходной задачи, а Δu – вектор невязок, $\Delta u = (u - u^0)$. Тогда оптимальным решением расширенной задачи будет стратегический план x_{opt} и вектор корректируемых переменных u_{opt} такие, что

$$\alpha \cdot \Theta(u_{opt} - u^0) + \beta \cdot F(u_{opt}, x_{opt}) = \min_{u, x} (\alpha \cdot \Delta u + \beta \cdot F(u, x)) \quad (8)$$

при выполнении ограничений (1)–(7), где Θ – функция усреднения невязок с учетом значимости невязок каждого типа; F – подходящий содержательный (экономический, производственно-экономический) показатель, используемый в качестве целевой функции исходной задачи; α, β – коэффициенты значимости частных целевых показателей (показатели Δu и F).

Легко видеть, что при $\Delta u = 0$ решение расширенной задачи является одновременно и решением исходной задачи. При нарушении этого условия согласованность плана-стратегии и стратегического плана, оптимального в смысле критерия Φ

$$\Phi = \min_{u, x} (\alpha \cdot \Delta u + \beta \cdot F(u, x)), \quad (9)$$

достигается только при соответствующем изменении исходных значений корректируемых параметров u^0 на значения u_{opt} , $u^0 \neq u_{opt}$.

Задача оптимального планирования типа задачи (1)–(7), (9) относится к классу задач математического программирования комбинаторного типа, для которых точные алгоритмы решения отсутствуют [1]. В связи с этим в настоящем исследовании использован алгоритм, разработанный и опробованный авторами на примере решения близкой по содержанию и структуре задачи [1], основанный на идеологии метода Монте-Карло (метода статистических испытаний) [2; 4].

Указанный алгоритм включает в себя следующие процедуры:

- 1) Задание начального значения «рекорда» в качестве текущего значения целевой функции (9). В задачах на минимум – это сколь угодно большое число.
- 2) Генерирование случайным образом векторов u и x .
- 3) Проверка стратегического плана (x, u) на допустимость (проверка выполнения условий (1)–(6) и расчет значения целевой функции $\Phi(x, u)$.
- 4) Если план (x, u) является допустимым – сравнение значения целей функции $\Phi(x, u)$ с рекордом Φ_{rec} . Если план (x, u) недопустим – переход на выполнение процедуры 2.
- 5) Если $\Phi(x, u) < \Phi_{rec}$ – значение текущее значение целевой функции $\Phi(x, u)$ принимается в качестве рекорда, а соответствующий план (x, u) запоминается как лучший на текущий момент.
- 6) Переход к п. 2.

Процедуры п. 2 – п. 6 повторяют заданное достаточное большое число (N) раз. В качестве приближенного решения задачи (1)–(7), (9) принимается план, соответствующий достигнутому в такой серии статистических испытаний рекорду.

Работоспособность данного алгоритма, реализованного в среде Matlab, продемонстрируем на следующем примере.

Предположим, что стратегия развития предприятия известна, предусматривает выполнение комплекса мероприятий (обобщенной метаработы), осуществление которых обеспечивает достижение стратегических целей за период времени T и предполагает использование метаресурсов 3 видов в установленных объемах, структура метаработы представлена на рис. 1, а возможные параметры работ (длительность работ кратна длительности подпериода планового периода Δt) и исполнители (в исследованной числовой модели на втором уровне иерархии планов предприятие представлено тремя структурными подразделениями) приведены в табл. 1.

Плановый период T стратегического плана включает в себя k_t подпериодов равной длины (в модели $k_t = 10$). Лимиты общих для предприятия и локальных ресурсов каждого из его структурных подразделений – исполнителей (в модели рассмотрены два вида общих и два вида локальных ресурсов) считались известными и были заданы в объемах, исключающих возможность невыполнения стратегического плана из-за нехватки ресурсов.

В обсуждаемых расчетах в качестве критерия оптимальности исходной задачи использован критерий минимума сроков выполнения комплекса стратегических мероприятий – метаработы. В качестве корректируемых параметров рассматривались показатели длительности планового периода плана-стратегии T и длительности выполнения работ из табл. 1.

В модели, таким образом, учитывалась возможность несбалансированности стратегии и стратегического плана по временным параметрам, для преодоления которой допускалась корректировка в сторону увеличения сроков достижения стратегических целей (параметр T стратегии – плана высшего уровня иерархии) и уточнение в сторону

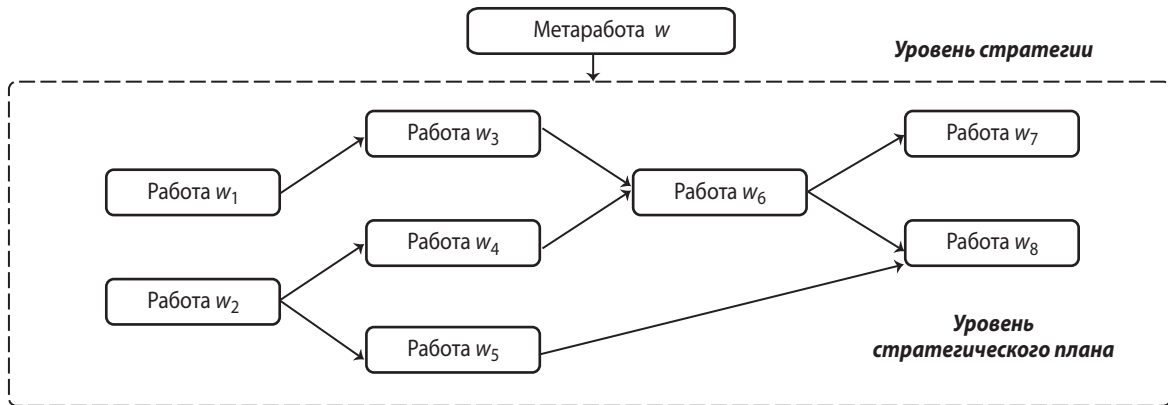


Рис. 1. Структура комплекса стратегических мероприятий

уменьшения длительностей выполнения работ (условия выполнения плана нижестоящего уровня).

Таблица 1

Показатели длительности работ

Работы	Исполнители		
	1	2	3
w ₁	3	3	5
w ₂	2	2	5
w ₃	2	2	5
w ₄	2	2	5
w ₅	2	2	5
w ₆	3	3	5
w ₇	2	2	5
w ₈	2	2	5

Рассмотрим результаты нескольких серий расчетов, наглядно демонстрирующих вполне корректный учет в получаемом решении условий задачи и адекватную реакцию алгоритма оптимизации на изменение вида целевой функции. В каждой серии расчетов N принималось равным 10^6 .

В первой серии экспериментов коэффициент значимости α принимался равным нулю, тем самым оптимальным считался план с минимальным сроком выполнения. Лучший (субоптимальный) план этой серии представлен на рис. 2.

Как можно видеть по диаграмме, план не является оптимальным, но близок к нему, в число исполнителей работ не включен исполнитель № 3, так как имеет худшие показатели длительности работ. Такое решение вполне рационально и отвечает содержанию критерия оптимальности данной серии.

Во второй серии с тем же критерием оптимальности рассмотрен случай, когда длительности работ (см. табл. 2, начальные значения указаны в числителе) априори не обеспечивают выполнение всего комплекса работ в изначально установленные сроки, и необходима корректировка длительности планового периода и / или длительности отдельных работ. Лучший план этой серии был достигнут при условии $T=13$, уточненных значениях длительности работ, приведенных в табл. 2 (эти значения указаны в знаменателе, всего изменено 12 параметров данного типа), и имел такой вид, как показано на рис. 3.

Третья серия расчетов соответствовала случаю, когда корректировка длительности работ нежелательна. В связи с этим в этой серии с помощью соответствующих весовых коэффициентов общему критерию оптимальности Φ (9) был придан смысл критерия минимума числа работ с измененными длительностями.

Субоптимальный план, соответствующий указанным условиям, приведен на рис. 4. В отличие от предыдущего решения, которое потребовало уменьшение длительности всех восьми работ, в данном решении были уменьшены длительности только трех работ: w_4, w_6, w_7 , однако это по-

Работы	Подпериоды								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
w ₁	1*								
w ₂	1								
w ₃				2					
w ₄			1						
w ₅			1						
w ₆						2			
w ₇							1		
w ₈								2	

Рис. 2. Диаграмма Ганта (серия № 1)

требовало увеличение срока выполнения плановых мероприятий T до 15. Отметим, что в этих сериях допускалось уменьшение длительности работ на величину Δt .

Таблица 2

Начальные / финальные длительности работ

Работы	Исполнители		
	1	2	3
w_1	3/2	4	5
w_2	4/3	3	5
w_3	3/2	4	5
w_4	4	4/3	5
w_5	4/3	4	5
w_6	4/3	4	5
w_7	4/3	4	5
w_8	3/2	4	5

Авторами настоящего исследования, помимо рассмотренных выше, проведены многочисленные серии расчетов с моделью (1)–(7), (9), различными по содержанию критериями оптимальности и возможностью изменения всей гаммы корректируемых параметров. Результаты этих расчетов свидетельствуют о правомерности постановки задач подобного типа и принципиальной возможности их приближенного решения.

Выводы. В отличие от иерархических систем производственно-календарного планирования, для которых характерен высокий уровень определенности процедур агрегирования и дезагрегирования компонент планов, при решении задачи дезагрегирования стратегии, то есть задачи разработки стратегического плана на основе известной стратегии, объективно приходится оперировать качественно различными методами сбора и анализа данных и системами самих данных, что существенно усложняет разработку согласованного со стратегией стратегического плана и переводит указанную задачу в разряд задач принятия решений в условиях неопределенности.

Возможность несовместности условий задачи дезагрегирования стратегии обосновывает целесообразность рассмотрения этой задачи в более общей постановке как задачи отыскания сбалансированной системы «стратегия – стратегический план», допускающей корректировку параметров стратегии – условий плана высшего уровня иерархии и условий, формируемых на нижестоящем иерархическом уровне – уровне стратегического плана. Существенно изменяется и подход к определению критериев оптимальности стратегических планов, ассоциированных (согласованных) с корректируемой стратегией. Такие планы должны быть оптимальны не только в смысле традиционных для теории планирования целевых показателей, но и с точки зрения близости к исходным условиям и параметрам.

Работы	Подпериоды												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
w_1	1												
w_2	1												
w_3				1									
w_4					2								
w_5					1								
w_6								1					
w_7											1		
w_8											1		

Рис. 3. Диаграмма Ганта (серия № 2)

Работы	Подпериоды														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
w_1	2														
w_2	2														
w_3					2										
w_4						1									
w_5				1											
w_6									1						
w_7													2		
w_8												1			

Рис. 4. Диаграмма Ганта (серия № 3)

Математическая постановка такой задачи приводит к задачам оптимального планирования комбинаторного типа в общем случае с многими критериями оптимальности, для решения которых даже в случае однокритериальной постановки отсутствуют точные эффективные алгоритмы.

Апробация предложенного подхода к постановке и решению задачи оптимального согласования стратегического плана и стратегии реструктуризации промышленных предприятий на примере относительно простых моделей и условных примеров является обязательным этапом исследований при разработке теории и алгоритмического обеспечения систем многоуровневого иерархического непрерывного планирования.

В ходе многочисленных вычислительных экспериментов установлено, что алгоритмы, базирующиеся на общих идеях метода Монте-Карло, требуют больших временных ресурсов для получения квазиоптимальных решений, однако могут служить эффективным инструментом демонстрации экономического содержания задачи согласования планов смежных иерархических уровней в системах многоуровневого планирования и принципиальных возможностей ее решения.

ЛИТЕРАТУРА

- Алехин А. Б. Реализация принципа преемственности планов в модели адаптивного планирования реструктуризации предприятий / А. Б. Алехин, М. А. Козырь-Чепурная // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 163–170.
- Ермаков С. М. Методы Монте-Карло и смежные вопросы / С. М. Ермаков. – М.: Наука, 1971. – 328 с.
- Згуровский М. З. Иерархическое планирование в системах, имеющих сетевое представление технологических процессов и ограниченные ресурсы, как задача принятия решений / М. З. Згуровский, А. А. Павлов // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 3. – С. 70–75.
- Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко, И. М. Соболев и др. – М.: Физматгиз, 1962. – 332 с.
- Козырь-Чепурная М. А. О структурных взаимосвязях стратегических планов в системе многоуровневого иерархического планирования реструктуризации предприятий / М. А. Козырь-Чепурная // Бизнес Информ. – 2015. – № 2. – С. 241–248.
- Кондрашов Ю. Н. Модель согласования планов в иерархической организационной структуре / Ю. Н. Кондрашов, М. О. Чашин // Управление экономическими системами. – 2015. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uecs.ru/marketing/item/3347-2015-02-07-09-07-12>
- Павлов А. А. Математические модели иерархического планирования и принятия решений / А. А. Павлов, Е. Б. Мисюра, В. И. Кут и др. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2008. – № 48. – С. 63–66.
- Павлов А. А. Общая модель и методы иерархического планирования функционирования сложных организационно-производственных систем ограниченными ресурсами / А. А. Павлов, Е. Б. Мисюра, О. В. Мельников, С. А. Рухани // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2005. – № 4. – С. 7–23.
- Павлов О. А. Загальна схема розв'язання задач в багаторівневій системі планування дрібносерійного виробництва в умовах ринку / О. А. Павлов, О. Б. Мисюра, О. В. Мельников // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2000. – № 33. – С. 27–33.
- Пустовойтов П. Е. Основы математического моделирования: учеб. пособие [Электронный ресурс] / П. Е. Пустовойтов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – Режим доступа: <http://matica.org.ua/metodichki-i-knigi-po-matematike/osnovy-matematicheskogo-modelirovaniia-uchebnoe-posobie-pustovoitov-p-e>
- Рачковский Э. А. Проблема согласования планов в системе иерархического планирования реструктуризации промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Э. А. Рачковский, М. А. Козырь-Чепурная // Ефективна економіка. – 2013. – № 11. – Режим доступа: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2532>
- Титов В. В. Интеграция стратегического планирования и операционной деятельности на предприятии на основе оптимизационного моделирования / В. В. Титов, Д. А. Безмельницын // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия «Социально-экономические науки». – 2015. – Т. 15, вып. 1. – С. 123–130.
- Титов В. В. Оптимизация согласования оперативного управления сложным производством со стратегическими планами предприятия / В. В. Титов, Д. А. Безмельницын // Экономика и математические методы. – 2015. – Т. 51, вып. 3. – С. 102–108.
- Шпак С. А. Концепция непрерывного скользящего иерархического планирования реструктуризации предприятия / С. А. Шпак // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2013. – Т. 2, № 3. – С. 177–182.
- Шпак С. А. Реструктуризация предприятий. Диагностика и анализ как инструмент целеполагания / С. А. Шпак. – М.: Авторская книга, 2015. – 215 с.
- Шпак С. А. Системный анализ как инструмент адаптации зарубежного опыта реструктуризации промышленных предприятий / С. А. Шпак // Современный научный вестник. – 2012. – № 22 (134). – С. 67–80.
- Шпак С. А. Структура задач диагностики подсистемы производства продукции в задачах формирования стратегии реструктуризации предприятий / С. А. Шпак // Уральский научный вестник. – 2013. – № 3 (31). – С. 5–18.
- Шпак С. А. Целевой подход к диагностике предприятия и разработке стратегии реструктуризации (стратегический аспект) [Электронный ресурс] / С. А. Шпак // Ефективна економіка. – 2013. – № 1. – Режим доступа: <http://www.economy.nauka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1750>
- Aardal K. A Benders decomposition based heuristic for the hierarchic production planning problem / K. Aardal, Larsson T. // European Journal of Operational Research. – 1990. – Iss. 4. – P. 4–14.
- Herrmann J. W. Hierarchical Production Planning with Part, Spatial and Time Aggregation / J. Herrmann, A. Mehra, I. Minis, J.-M. Proth // In: Rensselaer's 4-th International Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology, Troy, NY, USA, 1994. – P. 430–435.
- Kozyr-Chepurna M. A. Enterprise restructuring: principles of planning (methodological aspects) / M. A. Kozyr-Chepurna // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2015. – Т. 2, № 3. – С. 183–192.
- Miller T. Hierarchical Operations and Supply Chain Planning / T. Miller. – Berlin: Springer, 2001. – 262 p.
- Schneeweiss C. Distributed Decision Making / C. Schneeweiss – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2003. – 528 p.

24. Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies / H. Stadtler; C. Kilger (Eds.). – 3rd ed. – Berlin : Springer-Verlag, 2008. – 512 p.

25. White L. R. A hierarchical production planning system simulator / L. R. White // *International Journal of Simulation Modelling*. – 2012. – Vol. 11, No. 1. – P. 40–57.

REFERENCES

Alekhin, A. B., and Kozyr-Chepurnaya, M. A. "Realizatsiya printsypa preyemstvennosti planov v modeli adaptivnogo planirovaniya restrukturyzatsii predpriyatiy" [The implementation of the principle of continuity plans in adaptive restructuring of enterprises planning model]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky* vol. 3, no. 4 (2015): 163-170.

Aardal, K., and Larsson, T. "A Benders decomposition based heuristic for the hierarchic production planning problem" *European Journal of Operational Research*, no. 4 (1990): 4-14.

Buslenko, N. P. et al. *Metod statisticheskikh ispytaniy (metod Monte-Karlo)* [The method of statistical tests (Monte Carlo method)]. Moscow: Fizmatgiz, 1962.

Herrmann, J. W. et al. "Hierarchical Production Planning with Part, Spatial and Time Aggregation" *Rensselaer's 4-th International Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology*. Troy, NY, USA, 1994.430-435.

Kozyr-Chepurnaya, M. A. "O strukturnykh vzaimosvyazyakh strategicheskikh planov v sisteme mnogourovnevnogo ierarkhicheskogo planirovaniya restrukturyzatsii predpriyatiy" [On the structural relationships of strategic plans in the system of multi-level hierarchical scheduling restructuring]. *Biznes Inform*, no. 2 (2015): 241-248.

Kondrashov, Yu. N., and Chashin, M. O. "Model soglasovaniya planov v ierarkhicheskoy organizatsionnoy strukture" [Model approval of plans in a hierarchical organizational structure]. <http://uecs.ru/marketing/item/3347-2015-02-07-09-07-12>

Kozyr-Chepurnaya, M. A. "Enterprise restructuring: principles of planning (methodological aspects)". *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky* vol. 2, no. 3 (2015): 183-192.

Miller, T. *Hierarchical Operations and Supply Chain Planning*. Berlin: Springer, 2001.

Pavlov, O. A., Misiura, O. B., and Melnykov, O. V. "Zahalna skhema rozv'iazannia zadach v bahatorivnevii systemi planuvannia dribnoseriinoho vyrobnytstva v umovakh rynku" [The general scheme of solving problems in a multi-tier system of planning small-scale production in the market]. *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliualna tekhnika*, no. 33 (2000): 27-33.

Pustovoytov, P. Ye. "Osnovy matematicheskogo modelirovaniya" [Basics of mathematical modeling]. <http://matica.org.ua/metodichki-i-knigi-po-matematike/osnovy-matematicheskogo-modelirovaniya-uchebnoe-posobie-pustovoitov-p-e>

Pavlov, A. A. et al. "Matematicheskiye modeli ierarkhicheskogo planirovaniya i prinyatiya resheniy" [Mathematical model of hierarchical planning and decision-making]. *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliualna tekhnika*, no. 48 (2008): 63-66.

Pavlov, A. A. et al. "Obshchaya model i metody ierarkhicheskogo planirovaniya funktsionirovaniya slozhnykh orhanizatsionno-proizvodstvennykh sistem s ogranichennymi resursami" [General model and methods of hierarchical planning functioning of complex organizational and production systems with limited resources]. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnologii*, no. 4 (2005): 7-23.

Rachkovskiy, Ye. A., and Kozyr-Chepurnaya, M. A. "Problema soglasovaniya planov v sisteme ierarkhicheskogo planirovaniya restrukturyzatsii promyshlennykh predpriyatiy" [The problem of coordination plans in the system of hierarchical planning the restructuring of industrial enterprises]. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2532>

Shpak, S. A. "Kontseptsiya nepreryvnogo skolzyashchego ierarkhicheskogo planirovaniya restrukturyzatsii predpriyatiya" [The concept of continuous sliding hierarchical enterprise restructuring plan]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky* vol. 2, no. 3 (2013): 177-182.

Shpak, S. A. *Restrukuryzatsiya predpriyatiy. Diagnostika i analiz kak instrument tselepolaganiya* [The restructuring of enterprises. Diagnosis and analysis as a tool for goal setting]. Moscow: Avtorskaya kniga, 2015.

Shpak, S. A. "Sistemnyy analiz kak instrument adaptatsii zarubezhnogo opyta restrukturyzatsii promyshlennykh predpriyatiy" [System analysis as a tool to adapt foreign experience in the restructuring of industrial enterprises]. *Sovremennyy nauchnyy vestnik*, no. 22 (134) (2012): 67-80.

Shpak, S. A. "Struktura zadach diagnostiki podsistemy proizvodstva produktsii v zadachakh formirovaniya strategii restrukturyzatsii predpriyatiy" [The structure of the diagnostics tasks subsystem of production problems in the formation of enterprise restructuring strategy]. *Uralskiy nauchnyy vestnik*, no. 3 (31) (2013): 5-18.

Shpak, S. A. "Tselevoy podkhod k diagnostike predpriyatiya i razrabotke strategii restrukturyzatsii (strategicheskyy aspekt)" [Targeted approach to the diagnosis of enterprise restructuring and development strategy (strategic dimension)]. <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1750>

Schneeweiss, C. *Distributed Decision Making*. Berlin: Springer, 2003.

Stadtler, H. *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

Titov, V. V., and Bezmelnitsyn, D. A. "Optimizatsiya soglasovaniya operativnogo upravleniya slozhnym proizvodstvom so strategicheskimi planami predpriyatiya" [Optimization of operational management coordination complex production with the strategic plans of the enterprise]. *Ekonomika i matematicheskiye metody* vol. 51, no. 3 (2015): 102-108.

Titov, V. V., and Bezmelnitsyn, D. A. "Integratsiya strategicheskogo planirovaniya i operatsionnoy deyatel'nosti na predpriyatii na osnove optimizatsionnogo modelirovaniya" [Integration of strategic planning and operations at the plant on the basis of optimization modeling]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sotsialno-ekonomicheskiye nauki»* vol. 15, no. 1 (2015): 123-130.

White, L. R. "A hierarchical production planning system simulator" *International Journal of Simulation Modelling* vol. 11, no. 1 (2012): 40-57.

Yermakov, S. M. *Metody Monte-Karlo i smezhnyye voprosy* [Monte-Carlo methods and related matters]. Moscow: Nauka, 1971.

Zhuravskiy, M. Z., and Pavlov, A. A. "Ierarkhicheskoye planirovaniye v sistemakh, imeyushchikh setevoye predstavleniye tekhnologicheskikh protsessov i ogranichennyye resursy, kak zadacha prinyatiya resheniy" [Hierarchical planning systems with a network representation of processes and limited resources, as the problem of decision-making]. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnologii*, no. 3 (2009): 70-75.